Mécanique quantique et psychisme

par François MARTIN [1]

Conférence au Département de Psychiatrie des Hôpitaux Universitaires de Genève

12 Février 2009

1 Introduction à la Mécanique Quantique

L'acte de naissance de la mécanique quantique [2] date de la fin de l'année 1900, période durant laquelle Max Planck publia son explication du rayonnement du corps noir, c'est-à-dire du rayonnement émis par un corps qu'on échauffe. L'explication de Max Planck consista à supposer que les échanges d'énergie entre le rayonnement et la matière ne peuvent se faire que par paquets discontinus, les quanta. Ce fut le point de départ d'une grande révolution en physique: la physique quantique.

Une des caractéristiques de la physique quantique est son impossibilité à être formulée en termes "classiques". La mécanique dite "classique" peut être formulée dans des termes ayant trait à la perception que nous avons de la réalité du monde extérieur qui nous entoure. Ainsi, en physique classique, une onde peut être comparée à des vagues apparaissant à la surface d'un étang ou d'un océan. De même, un corpuscule peut être comparé à une bille se mouvant dans l'espace. Remarquons qu'en physique classique, ces deux notions sont incompatibles. Une onde ne peut pas être un corpuscule et réciproquement. Il n'en est pas de même en physique quantique. En physique quantique, un système ne peut pas être décrit classiquement comme une onde ou un corpuscule. Il est en fait "les deux ensemble" dans le sens où, dans la réalité expérimentale, certaines expériences le font apparaître comme une onde tandis que d'autres le font apparaître comme un corpuscule. Seuls des objets mathématiques, comme les fonctions d'onde ou les champs quantiques, peuvent décrire ce double aspect "contradictoire" des systèmes quantiques.

[1] Laboratoire de Physique Théorique et Hautes Energies, Universités Paris 6 et 7, Place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France; e-mail: martin@lpthe.jussieu.fr

[2] Dans cet exposé j'utiliserai le mot mécanique quantique plutôt que le mot physique quantique lorsqu'il s'agira d'appliquer le formalisme quantique à un système qui n'est pas nécessairement physique, ce qui est le cas du psychisme.

1.1 Principe de superposition

Une des propriétés des ondes est qu'elles sont capables de se superposer. Un des principes fondamentaux de la physique quantique est le principe de superposition. Celui-ci énonce que les fonctions d'onde s'additionnent comme des vecteurs, une raison pour laquelle on les nomme aussi vecteurs d'état [3]. La somme de deux fonctions d'onde (ou de deux vecteurs d'état) d'un système quantique est aussi une fonctions d'onde (ou un vecteur d'état) de ce système. Ainsi, si une première fonction d'onde "localise" une particule en un point A de l'espace et si une deuxième fonction d'onde "localise" cette même particule en un autre point B de l'espace, la somme des deux fonctions d'onde "localisera" la particule aux deux points A et B. La particule sera donc "localisée" en deux endroits en même temps.

1.2 Réduction (ou effondrement) de la fonction d'onde

C'est ici qu'entre en jeu le processus de mesure qui permet d'observer la particule dans le monde "classique" qui nous entoure. Il est clair que nous observons la particule en un seul endroit et non en deux endroits simultanément. Pour Niels Bohr (1885 - 1962) et l'École de Copenhague [1], il existe deux "mondes": le monde quantique microscopique à observer, dans lequel le principe de superposition s'applique et le monde classique macroscopique, — le monde de l'appareil de mesure — , dans lequel le principe de superposition ne s'applique plus. Pour garder une certaine cohérence et n'avoir à considérer qu'un seul "monde", en 1932, von Neumann [2] suppose que l'appareil de mesure est lui aussi un système quantique et postule que lors d'un processus de mesure il y a effondrement (ou réduction) de la fonction d'onde [4] . C'est-à-dire que lors d'un processus de mesure, la fonction d'onde, superposition de différents états possibles, se "réduit" à un seul état, celui mesuré. Lors du processus de mesure un choix unique se fait parmi les différents vecteurs d'état possibles. L'effondrement — ou la réduction — de la fonction d'onde ne fait pas nécessairement partie des axiomes de la physique quantique. Il — ou elle — a été ajouté de manière ad hoc par von Neumann pour décrire le processus de mesure.

En 1957, supposant que l'univers entier dans son ensemble est quantique, Everett [3] propose d'abandonner le postulat de l'effondrement (ou de la réduction) de la fonction d'onde. Le processus de mesure implique alors un

[3]L'ensemble des vecteurs d'état d'un système quantique forme un espace vectoriel qui a une structure d'espace de Hilbert.

[4]En réalité, le premier à avoir employé le terme "réduction de la fonction d'onde" est Werner Heisenberg en 1927.

choix unique parmi les différents vecteurs d'état possibles sans qu'après la mesure la fonction d'onde se réduise au vecteur d'état mesuré. Elle reste superposition de tous les vecteurs d'état possibles. L'appareil de mesure et la conscience humaine n'enregistrent qu'un seul vecteur d'état "classiquement" possible parmi la superposition de tous les vecteurs d'état possibles mais cela n'empêche pas cette superposition de continuer à exister [5]. La théorie d'Everett a pris le nom de théorie des "États Relatifs" ou des mondes multiples (many-worlds).

Puis, en 1970, Zeh [4], et ensuite, en 1981, Zurek [5], introduisent le concept de décohérence en considérant l'interaction du système quantique mesuré et de l'appareil de mesure avec l'environnement, ce dernier étant lui aussi considéré comme un système quantique. Cette interaction se manifeste par une intrication quantique (voir plus loin, Section 5) entre le système observé, l'appareil de mesure et l'environnement. La complexité "quantique" de l'environnement implique la perte dans cet environnement d'une partie de l'information quantique transportée par le système mesuré. Des bribes de cette information quantique s'échappent dans l'environnement. En particulier, les phénomènes d'interférence entre les vecteurs d'état "classiquement" possibles du système mesuré tendent à disparaître, ou tout au moins à devenir "infiniment" petits. Le système quantique mesuré n'est alors plus décrit par un vecteur d'état (ou par une superposition de vecteurs d'état) mais par un opérateur représentant un mélange. Nous disons que le système quantique mesuré n'est plus un état pur mais un mélange (statistique) d'états purs. Une autre caractéristique de l'interaction du système quantique mesuré et de l'appareil de mesure avec l'environnement est de définir les états "classiquement" possibles du système, c'est-à-dire les états observables dans le "monde classique". Zurek les appelle les "pointer-states", les "états pointeurs". Un exemple est donné par le chat de Schrödinger dont les "pointer-states" sont les deux états dans lesquels le chat est respectivement vivant ou mort.

En 2005, Michael Mensky [6] propose une version "étendue" de la théorie des "États Relatifs", ou des mondes multiples, d'Everett. Il propose ainsi que la conscience (éveillée) soit par définition la séparation entre les différents états quantiques "classiquement" possibles, entre les différents "pointer-states", la conscience subjective n'enregistrant qu'un seul état à un instant donné [6].

Une métaphore pour le principe de superposition est constituée par les images superposées que l'on présente devant les yeux d'un sujet. Telle est,

[5]Cependant, la superposition a été modifiée par le processus de mesure, mais de manière unitaire, ce qui n'est pas le cas de la réduction de la fonction d'onde.

[6]Remarquons que pour la conscience endormie (la conscience du rêve) la séparation entre les différents états quantiques "classiquement" possibles, entre les différents "pointer-states", n'existe plus.

par exemple, la fameuse image sur laquelle nous voyons soit une jeune femme, soit une vieille femme, mais pas les deux en même temps (Figure 1).

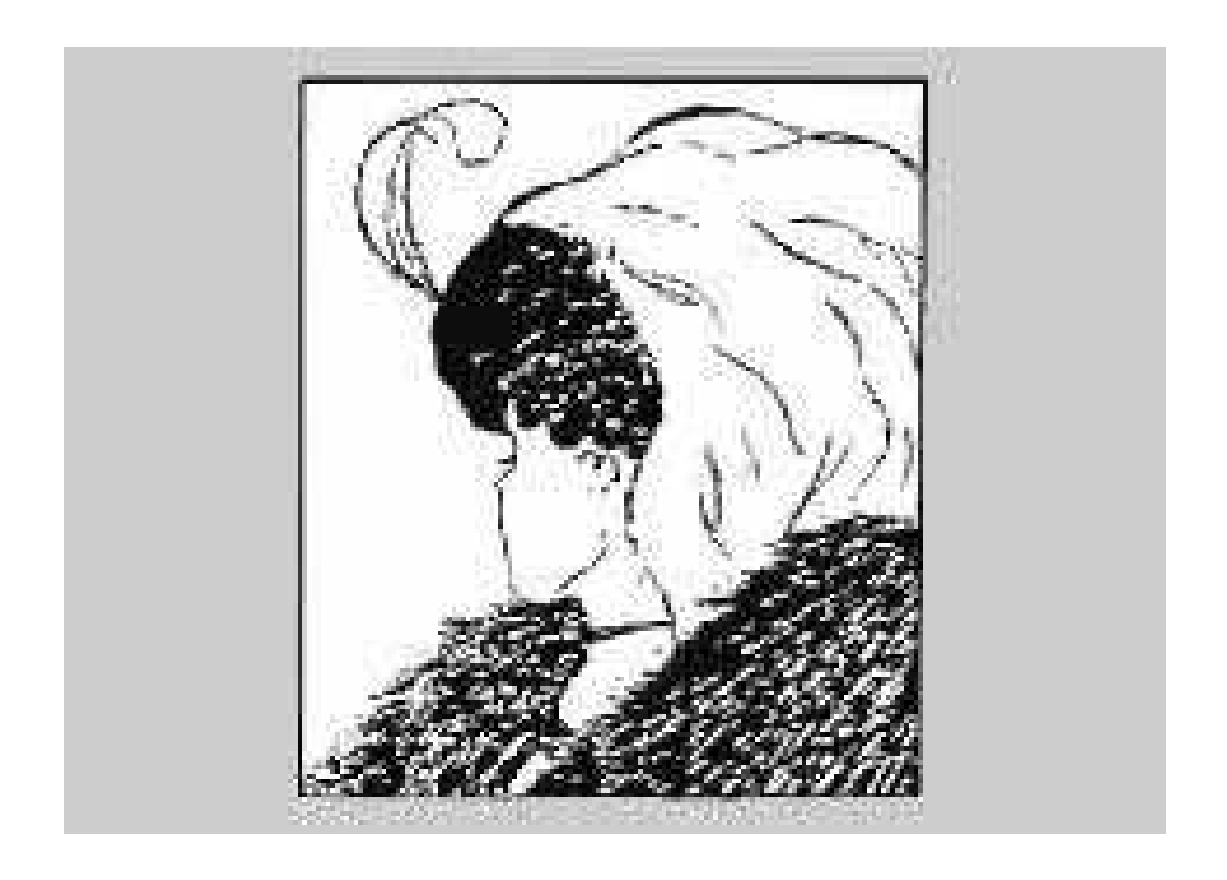


Figure 1: Images superposées d'une jeune femme et d'une vieille femme.

La conscience voit une des deux images, un des deux "pointer-states" constitués respectivement de la jeune femme et de la vieille femme, mais jamais les deux simultanément. Ce fait indique l'unicité du résultat d'une mesure effectuée par la conscience, l'image, en elle-même, représentant la superposition quantique des deux états. Ce type d'image est aussi une métaphore de la non-réduction (ou du non-effondrement) de la fonction d'onde. En effet, la vision d'une des deux images ne détruit pas la superposition. Après la "mesure" constituée par la vision d'une des deux images la superposition des deux images continue à exister. Mais attention, ce ne sont que des métaphores car si nous entrons dans les détails, en réalité l'analogie ne correspond pas avec ce qui se passe vraiment en physique quantique.

2 Illusion classique. Le choix du passé

Dans tous les cas, la description en termes classiques d'un phénomène quantique pose des problèmes. Nous allons l'illustrer ici avec l'expérience du choix retardé du photon [8,9], telle qu'elle a été imaginée par John Archibald Wheeler [10] et vérifiée en laboratoire [11, 12].

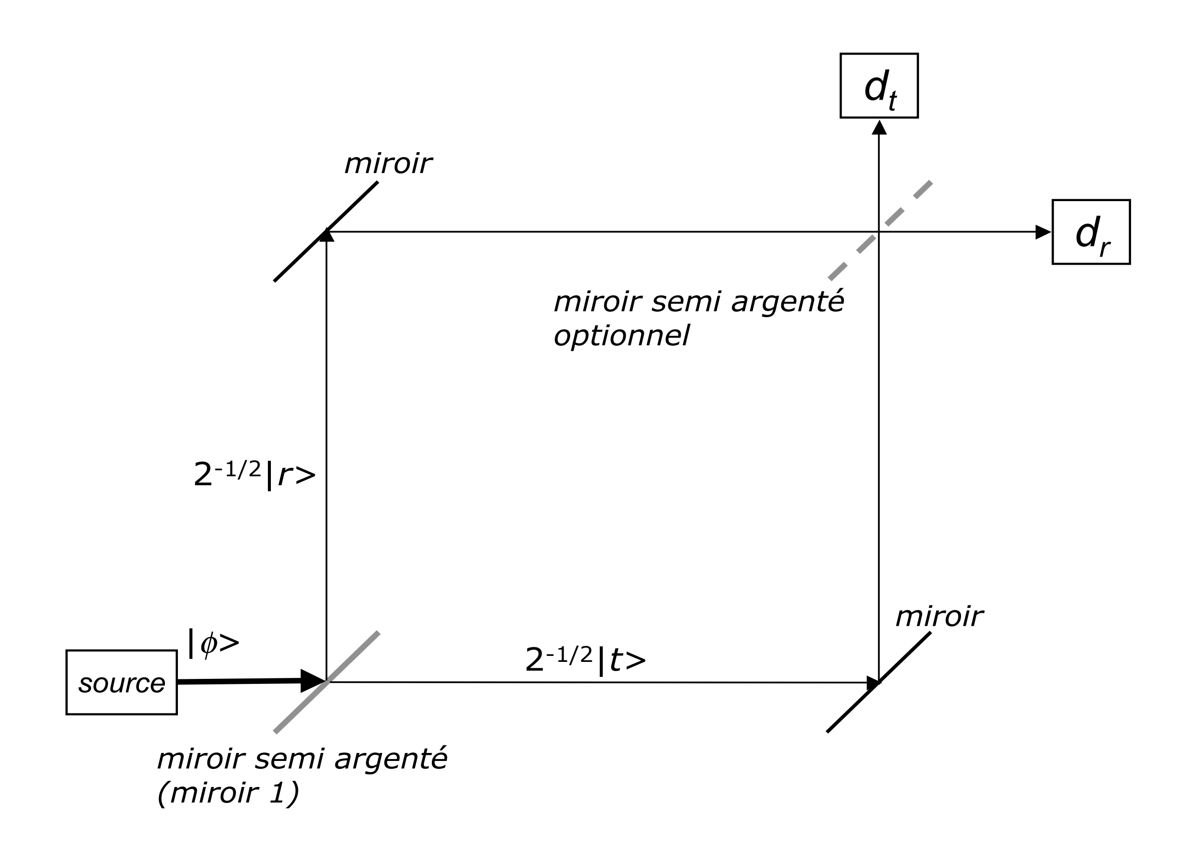


Figure 2: L'expérience du choix retardé du photon

Cette expérience est décrite sur la Figure 2. Un faisceau de photons (une onde électromagnétique) est divisé en deux parties d'égale intensité par un miroir semi-argenté. Deux réflecteurs totaux dévient ensuite chacun des deux faisceaux de telle manière qu'ils se croisent à nouveau en un même point. Deux détecteurs sont ensuite placés sur chacun des trajets des deux faisceaux, juste après le point de croisement. La moitié des photons est enregistrée dans un détecteur (d_t), tandis que l'autre moitié l'est dans l'autre (d_r). A priori, pour chaque photon détecté nous pouvons donc déterminer "classiquement" quel a été le chemin suivi.

Au point de croisement des deux faisceaux nous pouvons placer un deuxième

miroir semi-argenté qui introduit un nouveau déphasage entre les différentes ondes partielles. Ces déphasages sont tels que tous les photons arrivent dans un des deux détecteurs (d_r) et aucun dans l'autre (d_t). Nous pouvons choisir de placer, ou de ne pas placer, le deuxième miroir semi-argenté au point de croisement des faisceaux. Nous pouvons donc faire un choix sur le photon: soit il emprunte un des deux chemins lorsque le deuxième miroir semi-argenté n'est pas en place, soit "il emprunte les deux chemins simultanément", de telle manière qu'il y ait un phénomène d'interférence, lorsque le deuxième miroir semi-argenté est en place. Nous pouvons faire ce choix au dernier moment, juste avant que le photon arrive au point de croisement, i.e. après qu'il ait quitté la source, atteint le premier miroir semi-argenté et été réfléchi par les miroirs totaux. Nous en concluons que nous avons une influence sur le passé du photon. Nous sommes capables de choisir le passé du photon après que ce passé se soit écoulé.

L'expérience du choix retardé nous permet de lever l'indétermination qui perdure dans le passé du photon et cela bien que nous agissions sur des "choses" qui sont déjà arrivées. Wheeler insiste sur le fait que "le passé n'existe qu'à partir du moment où il a été enregistré dans le présent". La même chose s'applique à toute superposition d'états quantiques. Tant qu'une mesure n'a pas été faite, ou qu'un choix n'a pas été fait, cette superposition cohérente d'états continue à exister en tant qu'indétermination "classique" du passé.

La Mécanique Quantique nous enseigne qu'il existe deux plans de réalité. Il y a tout d'abord le plan de la réalité quantique dans lequel existent des superpositions d'états quantiques évoluant de manière déterministe. Par exemple, dans l'expérience décrite ci-dessus, la fonction d'onde du photon (ou le champ électromagnétique quantique) évolue de manière déterministe, cette évolution étant donnée par un opérateur unitaire.

Le second plan de réalité est ce que nous appelons le plan de la réalité classique. C'est celui de la réalité que nous observons avec notre conscience. C'est aussi celui qui, en physique, est donné par le résultat (unique) d'une mesure. Comme nous l'avons vu plus haut, selon von Neumann et d'autres, le passage de la réalité quantique à la réalité classique se fait par l'intermédiaire d'une opération que les physiciens appellent "la réduction (ou l'effondrement) de la fonction d'onde". Ce passage se fait de manière irréversible et non déterministe (probabiliste).

Dans l'expérience du choix retardé du photon la fonction d'onde du photon évolue de manière déterministe dans l'espace et le temps jusqu'au moment où le photon est détecté. La réduction de la fonction d'onde du photon s'effectue dans les deux détecteurs. Elle est probabiliste, donc non déterministe.

Lorsqu'au point de croisement des deux faisceaux nous décidons de placer ou de ne pas placer le deuxième miroir semi-argenté le passé du photon en tant qu'état quantique est complètement déterminé. Par contre, en tant que système classique, et particulièrement dans son aspect corpusculaire, l'état du photon n'est pas déterminé. Le fait de placer ou de ne pas placer le deuxième miroir semi-argenté ne va pas modifier l'aspect quantique du photon avant que celui-ci ne parvienne à ce miroir ou au point de croisement des deux faisceaux. Par contre, cela va modifier la vision "classique" que nous aurons de ce photon. Comme conséquence du choix que nous faisons sur le deuxième miroir semi-argenté nous avons une influence sur le passé du photon considéré comme système classique (avant qu'il n'atteigne ce miroir ou le point de croisement des deux faisceaux). Wheeler appelle cela "la participation de l'observateur" ("observer-participancy"). Nous pouvons faire des choix sur la reconstruction classique du passé du photon, mais pas de choix sur le passé quantique du photon.

Si nous reconstruisons le chemin classique du photon entre le moment où il a été émis par la source et le moment où il a été enregistré dans un des deux détecteurs, il doit y avoir une réduction de la fonction d'onde entre ces deux instants. L'expérience du choix retardé du photon (et de manière plus générale la physique quantique) montre que cette réduction (ou ce choix) se produit au moment précis où le photon est enregistré. Par conséquent, il y a une répercussion de la réduction de la fonction d'onde dans le passé du photon. La réduction, ou l'effondrement, est non-locale. Elle est globale dans l'espace-temps.

Nous pouvons donc distinguer deux sortes de temps [7]. Il y a premièrement le temps quantique qui paramétrise l'évolution de tout état quantique. Puis il y a le temps classique, le flot de temps de notre conscience. En temps quantique, tout état quantique évolue de manière déterministe; il n'y a pas d'indétermination. En temps classique, il y a une indétermination du passé. C'est une propriété fondamentale de notre conscience qui est constamment en train de reconstruire le passé. Il faudrait peut-être que nous apprenions à penser en temps quantique et non en temps classique. Mais c'est une tâche difficile à accomplir.

En fait, si nous décrivons l'expérience du choix retardé en temps quantique, dans tous les cas le photon suit les deux chemins, même lorsque nous ne plaçons pas le deuxième miroir semi-argenté. Dans ce dernier cas, **nous avons l'illusion classique que le photon a suivi un seul des deux chemins**.

La réduction de la fonction d'onde se produit dans les détecteurs (d_t) et (d_r). **La répercussion de la réduction (ou de l'effondrement) de la fonction d'onde dans le passé est aussi une illusion classique**. La

leçon à tirer de cela est que notre interprétation d'événements qui apparaissent comme purement classiques peut être illusoire. Cela peut se produire dans de nombreux cas, peut-être même dans tous les cas.

Nous pouvons imaginer que quelque chose de semblable à l'expérience du choix retardé du photon se produit dans les processus psychologiques. L'enregistrement d'un événement synchronistique [7] par la conscience peut correspondre à la réduction de la fonction d'onde qui contient la potentialité de l'événement. Les coïncidences signifiantes appartiendraient ainsi au "royaume" de la potentialité qui n'a pas encore été actualisée. Elles préexisteraient dans le passé seulement comme des potentialités, tels des états quantiques, tels des états inconscients. Elles ne reçoivent le qualificatif de phénomène que lorsqu'elles sont "enregistrées de manière indélébile par un acte irréversible d'amplification" [8] par la conscience. Nos actes et nos choix de la vie courante déclenchent (ou ne déclenchent pas) un événement synchronistique comme un choix retardé. Conséquence d'un tel acte, ou d'un tel choix, un événement synchronistique apparaît pour notre conscience comme une réduction (ou un effondrement) de la fonction d'onde qui peut affecter un passé lointain (provenant de la même source). Il ne s'agit pas d'un processus local, mais d'un processus global, holistique. C'est la raison pour laquelle les phénomènes de synchronicité apparaissent comme *non-causals* (ou *a-causals*).

Comme dans le cas de l'expérience du choix retardé du photon, la réduction (ou l'effondrement) de la fonction d'onde qui affecte un passé lointain pourrait, dans le cas des phénomènes de synchronicité, aussi être une **illusion classique**.

Indépendemment des phénomènes synchronistiques, il existe toujours une illusion dans la reconstruction du passé comme succession d'événements. C'est aussi le cas pour les événements psychologiques, particulièrement, pour ceux qui émergent de l'inconscient.

Les événements synchronistiques apparaissent comme *non-causals* et paradoxaux en temps classique parce que notre conscience les reconstruit en temps classique. Cependant, en temps quantique, ils sont juste "là" en tant que potentialités, en tant qu'états quantiques superposés, évoluant de manière unitaire avec toutes les connexions entre eux (par exemple via l'intrication quantique), attendant d'être ou ne pas être actualisés.

[7]Pour la définition des phénomènes de synchronicité voir la sous-Section 3.2
[8]Citation de Niels Bohr [1].

3 Pourquoi la Mécanique Quantique peut-elle expliquer le fonctionnement du psychisme?

3.1 Une conscience quantique?

La conscience humaine intervient directement dans le processus de la mesure en physique quantique. Les propriétés physiques d'un système quantique n'existent pas objectivement. Elles dépendent du dispositif expérimental mis en place pour mesurer ces propriétés physiques. Étant donné que ce dispositif a été installé par un être humain, de telles propriétés ne peuvent donc pas être séparées de la conscience humaine. Il n'y a pas de séparation entre l'objet et le sujet qui observe l'objet. En physique quantique il n'y a pas de réalité objective. Dans ce sens la physique quantique n'est pas une théorie réaliste.

La conscience humaine intervenant directement dans le processus de la mesure en physique quantique, il semble normal de la considérer elle-même comme un système quantique. De plus, la tendance actuelle est de considérer que le monde, dans son ensemble, est quantique et que la "classicité" apparente de ce monde n'est qu'une illusion. Par conséquent, la conscience faisant partie de ce monde, elle serait elle aussi quantique.

Remarquons, comme il a été dit plus haut, que pour la conscience éveillée il y a une séparation entre les différents états quantiques "classiquement" possibles. La conscience est ainsi directement reliée aussi bien au monde quantique qu'au monde "classique".

Il est clair que la conscience n'est pas un système classique. Elle est au moins un système quantique. Mais il est probable qu'elle est plus que cela.

3.2 Phénomènes de synchronicité

Un phénomène de synchronicité est caractérisé par une coïncidence signifiante qui apparaît entre un état mental (subjectif) et un événement qui se produit dans le monde extérieur (objectif). La notion de synchronicité a été introduite par le psychanalyste suisse Carl Gustav Jung [13] et étudiée ensuite conjointement avec le physicien Wolfgang Pauli [14]. Dans un phénomène synchronistique il n'y a aucun lien causal entre les deux événements qui sont corrélés.

Nous pouvons distinguer deux types de phénomènes de synchronicité. Le premier type (type I) est caractérisé par une coïncidence signifiante entre les psychismes de deux, ou plusieurs, individus. Un exemple de ce type se produit lorsque deux individus qui se connaissent bien et qui sont séparés par une grande distance, achètent au même moment deux cravates rigoureusement

identiques sans s'être préalablement consultés. La coïncidence signifiante apparaît comme une corrélation entre les psychismes des deux individus. Il y a beaucoup d'exemples de telles corrélations à longue distance entre individus: jumeaux, membres d'une même famille, membres d'un couple, amis, ... Les corrélations entre psychismes que l'on observe dans les situations groupales entrent aussi dans ce premier type de phénomènes de synchronicité.

Le second type de phénomène de synchronicité (type II), lequel est plus près de ceux considérés initialement par Jung, se produit lorsque la coïncidence signifiante est entre un état mental et un état physique. Dans ce cas, l'état physique est symboliquement corrélé à l'état mental par un sens commun. Par exemple, je pense à "quelque chose" et cette "chose" apparaît devant mes yeux.

Je vais donner un exemple frappant de ce second type de synchronicité. Il m'a été conté par un marionnettiste lyonnais.

"Depuis environ quatre mois je cherchais à adapter une pièce de théâtre ou un conte en spectacle de marionnettes. J'avais une création personnelle en tête mais elle n'était pas assez aboutie pour le moment. J'ai cherché et lu quelques pièces de théâtre et quelques contes, demandé à des proches s'ils avaient des choses qu'ils me conseilleraient mais rien ne correspondait à mes attentes. Je voulais une pièce avec peu de personnages, mais des personnages poétiques, une pièce qui ait un sens réel et qui ouvre l'imaginaire, et enfin un sujet pédagogique, c'est-à-dire qui puisse apporter une connaissance au public. De plus, la pièce devait être à la portée des enfants sans exclure les adultes.

Cela fait peut-être beaucoup de critères mais je ne voulais pas créer un spectacle "juste pour dire que ...".

L'été 2007 je devais faire, avec un ami, la présentation d'un spectacle au Festival d'Avignon. Mais cet ami n'a pas pu se libérer et le spectacle est tombé à l'eau. Le 25 août je me suis quand même décidé à me rendre au Festival pour les trois derniers jours. À Avignon j'ai fait seul un "marathon" de spectacles. En effet, en trois jours et demi je suis allé voir près de vingt spectacles (théâtre, marionnettes, mime, danse, ...).

Par tant de nourritures mon envie de trouver une pièce à adapter s'est transformée en besoin. J'y ai pensé tout au long de la route d'Avignon à Lyon lorsque je suis rentré dans la soirée du 29 août. En arrivant à Lyon vers vingt-trois heures je suis aller rendre visite à un ami qui venait d'être papa. Nous avons bu une bonne bouteille, de la Clairette de Die, biologique, très bonne, produite à Sainte Croix, à environ dix kilomètres de Die. Vers deux heures trente du matin, ayant bu plus de deux verres, j'ai décidé de laisser ma voiture à sa place et de rentrer à pied chez moi, ce qui correspond à environ quinze minutes de marche. Je pensais repasser par ma voiture afin

d'y mettre un ticket de parcmètre pour le lendemain, mais en descendant l'escalier de l'immeuble de mon ami je me suis replongé dans mes pensées et le parcmètre est passé aux oubliettes. N'étant pas passé par ma voiture le chemin que j'ai pris a été différent. Moins de cinq minutes après mon départ, sur l'avenue du Maréchal de Saxe, je suis passé à côté d'un objet abandonné sur le trottoir. Je l'ai dépassé de quelques mètres mais sa présence m'avait sorti de mes pensées. J'ai fait alors demi-tour et ramassé cet objet qui se trouvait être un livre assez fin, d'un format peu ordinaire et qui portait pour titre "L'Astrominotaure. Corps perdu et univers en expansion".

Arrivé chez moi, impatient, j'ai lu la première partie et je me suis rendu compte que ce que je cherchais, je venais de "tomber dessus". Il m'est assez rare de trouver des livres en aussi bon état par terre, mais là, c'est comme si quelqu'un m'avait entendu penser et m'en avait fait cadeau."

Remarquons que ce livre a été édité en 1994, soit treize ans avant que le marionnettiste le trouve à deux heures du matin sur un trottoir de Lyon. De plus, il a été édité en un petit nombre d'exemplaires (environ deux cents, que je sache). Les chances que ce livre se trouve sur le trajet du marionnettiste alors que c'était justement le texte dont il avait besoin sont donc extrêmement faibles, infiniment petites.

Cet exemple de phénomène de synchronicité n'est qu'un exemple parmi beaucoup d'autres.

Les phénomènes de synchronicité montrent, comme la physique quantique, qu'il n'y a pas de frontière entre la subjectivité de la personne qui observe et le monde observé. Notre subjectivité se projette dans le monde extérieur. Il n'existe donc pas de réalité objective en dehors de nous.

Le monde extérieur qui nous entoure n'est autre que notre environnement. Selon Giuseppe Vitiello [15], dans son modèle quantique dissipatif du cerveau, "la source d'information, c'est-à-dire l'environnement, est représentée par un système qui est en même temps une copie du cerveau. Donc, dans un certain sens la *source* coïncide avec le *récepteur*". Il ne faut donc pas être étonné si notre subjectivité se projette dans notre environnement. Notre environnement serait ainsi identique à notre subjectivité, ou plutôt il serait une représentation de notre subjectivité. En allant plus loin nous pourrions dire qu'il "EST" notre subjectivité.

Voilà autant de raisons qui nous poussent à étudier les phénomènes psychologiques et le psychisme humain dans le cadre de la Mécanique Quantique. En particulier, nous sommes amenés à considérer l'inconscient comme un système quantique. Les premiers à l'avoir fait ont été Pauli et Jung [14,16,17].

4 Analogie entre les processus inconscients chez Jung et la Mécanique Quantique

4.1 Amplification

Selon Jung, "l'amplification est l'extension et l'approfondissement d'une image onirique au moyen d'associations centrées autour du thème du rêve et de parallèles tirés des sciences humaines et de l'histoire des symboles (mythologie, mystique, folklore, religion, ethnologie, art, etc.). Grâce à quoi le rêve devient accessible à l'interprétation." [18]

En physique quantique, au cours du processus de mesure, il y a amplification d'un processus microscopique, qui se traduit par un phénomène physique macroscopique. C'est le cas, par exemple, de la trace d'une particule qui traverse une chambre à bulles. C'est grâce à l'amplification que nous pouvons faire l'interprétation d'un processus quantique microscopique. Ce n'est qu'après amplification qu'un processus quantique microscopique peut prendre la dénomination de phénomène physique.

Le fait que, selon Jung, le rêve ne devient accessible à l'interprétation qu'après amplification est similaire au fait, qu'en physique quantique, un processus microscopique ne devient accessible à l'interprétation aussi qu'après amplification. Les processus psychiques inconscients comme le rêve peuvent donc être considérés — de manière analogique — comme des processus quantiques "microscopiques". Ceci plaide en faveur du fait que l'inconscient serait un système quantique.

En physique quantique, l'amplification d'un processus microscopique, par exemple d'une particule qui traverse une chambre à bulles, se fait par une série d'intrications quantiques qui, lorsque leur nombre est assez grand (de l'ordre du nombre d'Avogadro: 10^{23}), se manifeste sous forme d'un phénomène macroscopique. C'est l'intrication avec l'environnement, laquelle fait partie du processus d'amplification, qui permet la décohérence, et par suite la réduction (ou l'effondrement) de la fonction d'onde. Remarquons que le processus d'amplification n'implique pas nécessairement l'effondrement de la fonction d'onde. Ce processus se produit également dans la cadre de la théorie des "États Relatifs", ou des mondes multiples, d'Everett [3, 19].

"L'extension et l'approfondissement d'une image onirique", qui se fait "au moyen d'associations centrées autour du thème du rêve et de parallèles tirés des sciences humaines et de l'histoire des symboles", ne constitue pas nécessairement une interaction de la psyché avec l'environnement, car lorsque nous dormons cette interaction est très faible. Par contre, il peut s'agir d'une interaction avec l'inconscient collectif ou avec les "réserves de mémoire" du

dormeur. Quelle que soit l'interaction entre l'image onirique et son "environnement" (qui n'est donc pas nécessairement l'environnement du dormeur), cette interaction conduit, par une série d'intrications quantiques, à un processus d'amplification et à une image unique du rêve qui parvient à la conscience du dormeur. Notons que, comme en physique quantique, cette image unique du rêve n'implique pas nécessairement la réduction ou l'effondrement de la fonction d'onde, ces derniers constituant des illusions classiques. Cette image unique du rêve peut très bien s'inscrire dans le cadre d'une définition de la conscience comme séparation entre les différents états quantiques possibles [6]. Dans ce cas, les différentes images d'un rêve continuent à coexister alors qu'une seule de ces images parvient à la conscience (subjective) du dormeur.

4.2 Archétypes

"Les représentations archétypiques qui apparaissent dans les fantaisies, les rêves, les idées délirantes et les illusions des individus, ont leur origine dans l'archétype qui, en lui-même, échappe à la représentation, forme préexistante et inconsciente qui semble faire partie de la structure héritée de la psyché et peut, par conséquent, se manifester spontanément partout et en tout temps." [20]

Le fait que l'archétype échappe à la représentation semble analogue à l'objet quantique, par exemple l'atome, qui échappe à toute représentation et peut être seulement "représenté" par un objet mathématique tel que la fonction d'onde ou le champ quantique.

"Je retrouve toujours ce malentendu qui présente l'archétype comme ayant un contenu déterminé; en d'autres termes, on en fait une sorte de ≪représentation≫ inconsciente, s'il est permis de s'exprimer ainsi; il est donc nécessaire de préciser que les archétypes n'ont pas de contenu déterminé; ils ne sont déterminés que dans leur *forme* et encore à un degré très limité. Une image primordiale n'a un contenu déterminé qu'à partir du moment où elle est devenue consciente et est, par conséquent, emplie du matériel de l'expérience consciente." [21]

Cela semble très analogue au fait, qu'en physique quantique, une particule n'existe en tant que telle qu'à partir du moment où elle a été enregistrée par un détecteur. Elle acquiert alors "un contenu déterminé". Tandis qu'avant la détection, correspondant à "la réduction de la fonction d'onde" ou au "choix d'un état quantique classiquement possible", elle n'a pas de "contenu réellement déterminé", sinon en termes de fonction d'onde ou de champ quantique.

Jung continue: "On pourrait peut-être comparer sa forme au système

axial d'un cristal qui préforme, en quelque sorte, la structure cristalline dans l'eau mère, bien que n'ayant par lui-même aucune existence matérielle." [21]

Une fonction d'onde ou un champ quantique n'ont pas d'existence matérielle. Ils en acquièrent une seulement après qu'un processus de mesure, un processus d'amplification, ait enregistré, par exemple la position ou la vitesse de la particule, de manière irréversible et indélébile.

"*L'archétype en lui-même est vide*; il est un élément purement formel, rien d'autre qu'une *facultas praeformandi* (une possibilité de préformation), forme de représentation donnée *a priori*." [21]

Une fonction d'onde ou un champ quantique sont d'un certain point de vue "vides de matière". Ils n'existent qu'en tant que **Potentia** permettant l'apparition dans le réel d'une forme matérielle, la particule élémentaire.

Jung continue: "Les représentations elles-mêmes ne sont pas héritées: seules leurs formes le sont; ainsi considérées, elles correspondent en tout point aux instincts qui, eux aussi, ne sont déterminés que dans leur forme. On ne peut pas plus prouver l'existence des archétypes que celle des instincts, tant qu'ils ne se manifestent pas eux-mêmes de façon concrète." [21]

Cela semble analogue au fait qu'une particule n'existe pas en tant que particule tant qu'elle n'a pas été détectée ("de façon concrète") de manière irréversible et indélébile par un processus d'amplification (la "mesure").

Jung écrit: "Il me semble probable que la véritable essence de l'archétype ne peut devenir consciente; elle est transcendante: c'est pourquoi je la dis *psychoïde* [9]." [22]

De même, la véritable essence de la matière - le champ quantique ou la fonction d'onde - ne peut pas devenir "consciente". Elle se manifeste dans le monde physique par ses effets: détections de particules, effets d'interférence, ... Cependant la véritable essence de la matière n'échappe pas à la représentation puisque les entités mathématiques comme le champ quantique ou la fonction d'onde en sont des représentations. En ce sens "la véritable essence de la matière devient consciente". Nous pouvons imaginer qu'il existe, de manière analogue, une représentation (mathématique) des archétypes en termes de champ quantique. C'est ce que Belal Baaquie et moi-même avons postulé et étudié dans le cadre d'une théorie quantique du champ psychique [23].

Comme Jung, nous ne pensons pas que la véritable essence de la matière ou de l'inconscient (e.g. les archétypes) puisse devenir pleinement consciente. Cependant, à partir du moment où nous en construisons une représentation mathématique qui colle à la Réalité, que cette représentation soit classique ou

[9] "≪Comme l'âme≫, ≪quasi psychique≫. Jung caractérise ainsi la couche très profonde de l'inconscient collectif et de ses contenus, les archétypes, qui échappe à la représentation." [18]

quantique, alors une certaine partie de l'essence de la matière ou de l'essence de l'inconscient (e.g. les archétypes) devient consciente.

Jung écrit: "On ne doit point un instant s'abandonner à l'illusion que l'on parviendra finalement à expliquer un archétype et ainsi à le ≪liquider≫. La tentative explicative la meilleure, elle-même, ne sera jamais rien d'autre qu'une traduction plus ou moins réussie dans un autre système d'images." [24]

5 Information quantique et psychisme

Giuliana Galli Carminati, Federico Carminati et moi-même, avons essayé d'appliquer l'information quantique à certains fonctionnements du psychisme [8, 9, 25]. En information classique, les cases mémoire sont des systèmes binaires, appelés bits, qui ne peuvent prendre que deux valeurs: 0 ou 1. Un bit quantique (en abrégé un qu-bit) peut, lui, prendre toutes les valeurs superpositions de 0 et 1 [10]. En d'autres termes, un qu-bit peut prendre simultanément les valeurs 0 et 1. L'information quantique consiste en la manipulation de ces qu-bits. Elle étudie aussi le transfert d'information (quantique) d'un qu-bit à un autre (en particulier par des portes logiques quantiques à deux qu-bits).

Comme exemple de système psychique binaire, nous avons considéré le phénomène du deuil: soit le deuil est réalisé (qu-bit 0), soit il ne l'est pas (qu-bit 1). La mécanique quantique permet donc l'existence de toutes les superpositions de l'état dans lequel le deuil est réalisé avec l'état dans lequel il ne l'est pas.

L'information quantique est basée sur deux propriétés fondamentales de la physique quantique. Comme nous l'avons vu dans la Section 1, elle repose tout d'abord sur le principe de superposition. Mais elle repose aussi sur un phénomène fondamental appelé intrication quantique. Ce phénomène se manifeste par le fait qu'un système de deux, ou plusieurs particules, quantiquement intriqués est "non-séparable". En termes techniques cela signifie que la fonction d'onde du système des deux particules ne se factorise pas en produit des fonctions d'onde de chacune des deux particules. Le système quantique représentant les deux particules est un système global, non-local. De plus, dans un tel système, les particules sont fortement corrélées, ceci, dans le sens où si nous faisons une mesure d'une certaine propriété sur une des deux particules, détruisant ainsi la "non-séparabilité" du système, nous pouvons prédire avec certitude la propriété correspondante de l'autre particule, même si cette dernière est à l'autre bout de l'univers. Mais attention, la spécificité quantique indique que cette propriété n'est pas déterminée

[10] En termes techniques il s'agit des superpositions des états $|0\rangle$ et $|1\rangle$ et non de la superposition des nombres 0 et 1.

au préalable, c'est-à-dire avant la mesure. La physique quantique est une théorie non-locale et non-réaliste. Remarquons que l'intrication quantique et la propriété de "non-séparabilité" sont des propriétés fondamentalement quantiques qui n'existent pas en physique "classique".

Supposant, avec Belal Baaquie [23], l'existence d'une intrication quantique entre les inconscients de deux, ou plusieurs personnes, nous avons proposé ainsi une explication des corrélations à distance qui se manifestent entre deux (ou plusieurs) individus ayant des liens affectifs. Ceci constituerait donc une explication des phénomènes de synchronicité de type I (voir sous-Section 3.2). Il serait intéressant de mesurer de manière quantitative ces corrélations inconscientes à distance. Cela a été fait, en 1994, par le groupe de J. Grinberg-Zylberbaum [26], qui a pratiqué des électro-encéphalogrammes (EEG) sur deux personnes électromagnétiquement isolées (dans des cages de Faraday). Il serait aussi intéressant d'observer si des corrélations entre circuits neuronaux activés sont visibles en Imagerie par Résonance Magnétique Nucléaire (IRM).

Avec Giuliana Galli Carminati [9], nous avons proposé de mesurer quantitativement l'existence (ou la non-existence) de telles corrélations dans les situations groupales, ceci grâce à des tests "absurdes". Ces expériences sont en cours.

L'information quantique appliquée au psychisme permet d'expliquer un certain nombre de processus psychiques. Nous supposons préalablement que les systèmes psychiques (inconscient, préconscient, conscient, ...) sont constitués de qu-bits psychiques [11]. Puis, nous inspirant de la Résonance Magnétique Nucléaire (NMR), et, en particulier, considérant l'interaction la plus élémentaire entre deux qu-bits psychiques, nous avons ainsi obtenu des intrications quantiques entre inconscient, préconscient et conscient. Ces intrications quantiques donnent lieu, en fonction du temps, à des oscillations (dites de Rabi) entre différents états corrélés.

L'intrication quantique, ainsi que la manipulation des qu-bits psychiques grâce à des pulses d'un champ psychique [12] émis soit par la conscience (effets de la volonté ou du libre arbitre), soit par l'inconscient (individuel, groupal ou collectif), permet, comme je l'ai dit plus haut, d'expliquer un certain nombre de processus psychiques. Parmi ces processus psychiques, citons l'émergence dans la conscience d'éléments inconscients (dans ce cas nous pouvons dire que la conscience mesure l'inconscient, comme un appareil de mesure physique enregistre un processus microscopique). Un autre processus expliqué par

[11] De la même façon que les futurs ordinateurs quantiques seront probablement constitués de qu-bits.

[12] L'existence d'un champ quantique psychique a été postulée par Belal Baaquie et moi-même [23].

l'intrication quantique est l'influence de l'inconscient sur le conscient, ainsi que l'influence réciproque du conscient sur l'inconscient. Nous avons étudié ces deux types d'influences dans le cas du deuil et nous avons vu comment ils pouvaient permettre au deuil de se réaliser au cours du temps.

Un troisième processus psychique, déjà cité plus haut, est l'intrication quantique entre deux inconscients. L'évolution en fonction du temps de l'état de deux inconscients quantiquement intriqués montre l'influence réciproque de chacun des deux inconscients sur l'autre inconscient. C'est ainsi que par le truchement de l'interaction entre leurs deux inconscients, une psychanalyste nommée Alice peut aider Bob à réaliser son deuil.

La caractéristique fondamentale de l'interaction la plus élémentaire entre deux qu-bits psychiques, par exemple entre un qu-bit de l'inconscient et un qu-bit du conscient [13], est de mettre en évidence, en fonction du temps, des oscillations entre deux états quantiques constitués de deux qu-bits corrélés (par exemple les états $|U1\rangle|C0\rangle$ et $|U0\rangle|C1\rangle$ [14]).

Remarquons qu'au niveau du cerveau il semble bien qu'il y ait une alternance de l'activité de chacun des hémisphères. Cette alternance se manifeste dans le phénomène de la rivalité binoculaire (binocular rivalry). Lorsque deux images sont présentées à chacun des deux yeux d'un sujet, elles entrent en "compétition" de telle façon qu'une image est visible tandis que l'autre ne l'est pas. Il en est de même lorsqu'on présente au sujet deux images "superposées" (voir Section 1).

Les oscillations (de Rabi) "psychiques" restent à étudier. En particulier, dans le cas de la conscience "endormie", le système inconscient + conscient (ou tout au moins une partie de ce système) oscille constamment entre les états $|U1\rangle|C0\rangle$ et $|U0\rangle|C1\rangle$. Un pendule ne mesure pas le temps. Pour réaliser cela il faut un système qui garde la mémoire du nombre d'oscillations du pendule. C'est ce que réalise une horloge qui elle mesure le temps. Dans une horloge, les oscillations du pendule entraînent un effet cumulatif qui permet de garder la mémoire du nombre d'oscillations. Dans le cas des oscillations de Rabi du système inconscient + conscient, il faut donc envisager un autre système, lié au premier, entraînant des effets cumulatifs qui permettent de garder en mémoire les oscillations de Rabi psychiques [15]. Dans ce cas, c'est uniquement grâce à la mise en mémoire des oscillations de Rabi psychiques que le conscient ou le préconscient pourront être modifiés. Au niveau cervical cette mise en mémoire peut être assurée par le système limbique, en particulier par les hippocampes.

[13] En considérant une interaction directe entre l'inconscient et le conscient j'évite volontairement le passage par le préconscient qui ne fait que compliquer les choses.

[14] U pour "Unconscious" et C pour "Consciousness".

[15] Communication privée d'Alain Connes.

6 Conclusions

En résumé, un certain nombre de phénomènes psychiques ne sont pas explicables dans le cadre de la mécanique dite "classique". Citons, entre autres, le phénomène de l'émergence de la conscience, les corrélations à distance entre individus, et, plus généralement les phénomènes de synchronicité. Ces trois types de phénomènes peuvent recevoir une tentative d'explication dans le cadre de la mécanique quantique, en particulier, grâce à l'intrication quantique pour les corrélations à distance entre individus (phénomènes de synchronicité de type I) et grâce à ce que j'ai appelé *l'illusion classique de l'effondrement de la fonction d'onde* pour les phénomènes de synchronicité de type II.

Remarquons que l'existence des phénomènes de synchronicité empêchent les états mentaux d'être réductibles à des états physiques du cerveau. Les états mentaux sont corrélés à de tels états, probablement via l'intrication quantique, mais ils ne sont pas réductibles à ces états. Cela infirme donc l'hypothèse matérialiste.

La projection de notre subjectivité dans l'environnement dans lequel nous baignons (phénomènes de synchronicité de type II), en accord avec la mécanique quantique, réfute aussi bien l'hypothèse locale ("chaque individu est dans son coin d'espace-temps") que l'hypothèse réaliste ("l'objet a une réalité bien définie en dehors du sujet").

Il y a un autre phénomène spécifiquement quantique dont je n'ai pas parlé dans cet exposé et qui peut avoir des conséquences importantes, par exemple dans l'émergence de la conscience. Il s'agit de la condensation de Bose-Einstein, dans laquelle chaque particule perd son individualité au profit d'un comportement collectif, global.

References

[1] N. Bohr, in *Quantum Theory and Measurement*, J.A. Wheeler and W.H. Zurek, Eds., Princeton University Press, Princeton, NJ, pp. 9-49, 1983.

[2] J. von Neumann, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Springer Verlag, Berlin (1932); traduction anglaise: *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*, Princeton: Princeton University Press (1955).

[3] H. Everett, *"Relative State" formulation of Quantum Mechanics*, Rev. Mod. Phys. **29**, 454-462, 1957; J. A. Wheeler, *Assessment of Everett's*

"Relative State" formulation of Quantum Theory, Rev. Mod. Phys. **29**, 463-465, 1957.

[4] H.-D. Zeh, *On the interpretation of measurement in quantum theory*, Found. Phys. Lett., **1**, p. 69, 1970.

[5] W.H. Zurek, *Pointer basis of quantum apparatus: into what mixture does the wave packet collapse?*, Phys. Rev. D **24**, 1516, 1981; *Decoherence and the transition from quantum to classical*, Phys. Today **44 (10)**, 36, 1991.

[6] M.B. Mensky, *Concept of consciousness in the context of quantum mechanics*, Physics-Uspekhi, **48**, 4, pp. 389-409, 2005; *Reality in quantum mechanics, Extended Everett Concept, and consciousness*, arXiv:physics/0608309v1, 31 Aug. 2006; *Quantum measurements, the phenomenon of life, and time arrow: three great problems of physics (in Ginzburg's terminology) and their interrelation*, Physics-Uspekhi, **50**, 4, pp. 397-407, 2007; *Postcorrection and mathematical model of life in Extended Everett's Concept*, arXiv:0712.3609v1, 21 Dec. 2007.

[7] H. Primas, *Time-Entanglement Between Mind and Matter*, Mind and Matter, Vol. **1**, n. 1, pp. 81-119, 2003; *Complementarity of Mind and Matter*, *Recasting Reality*, edited by H. Atmanspacher and H. Primas, Springer-Verlag, pp. 171-209, 2009.

[8] F. Martin and G. Galli Carminati, *Synchronicity, Quantum Mechanics, and Psyche*, exposé présenté à la Conférence: "Wolfgang Pauli's Philosophical Ideas and Contemporary Science", 20-25 Mai 2007, Monte Verita, Ascona, Suisse; publié dans *Recasting Reality*, pp. 227-243, Springer-Verlag, 2009.

[9] G. Galli Carminati and F. Martin, *Quantum Mechanics and the Psyche*, Physics of Particles and Nuclei, Vol. **39**, Issue 4, pp. 560-577, 2008.

[10] J.A. Wheeler, *The "past" and the "delayed-choice" double-slit experiment*, in Mathematical Foundations of Quantum Theory, edited by A. R. Marlow, Academic Press, New York, pp. 9-48, 1978.

[11] T. Hellmuth et al., *Delayed-choice experiments in quantum interference*, Phys. Rev. A, **35**, n. 6, p. 2532, 1987.

[12] V. Jacques et al., *Experimental Realization of Wheeler's Delayed-Choice Gedanken Experiment*, Science, Vol. 315, no. 5814, pp. 966-968, 16 February 2007.

[13] C.G. Jung, *Der Geist der Psychologie*, In: O. Fröbe-Kapteyn (ed.), Eranos-Jahrbuch, Vol. **XIV**, Rhein-Verlag, Zürich, pp. 385-490, 1946.

[14] C.G. Jung et W. Pauli, *The Interpretation of Nature and the Psyche*, Pantheon, New York, 1955; german original: *Naturerklärung und Psyche*, Rascher, Zürich, 1952.

[15] G. Vitiello, *Quantum Dissipation and Information. A route to consciousness modeling*, NeuroQuantology, **1**, No. 2, pp. 266-279, 2003.

[16] C.A. Meier, ed., *Atom and Archetype: The Pauli/Jung Letters 1932-1958*, Princeton University Press, Princeton, 2001; traduction française: *Correspondance 1932-1958*, ed. Albin Michel, 2000.

[17] H. Atmanspacher et H. Primas, *The hidden side of Wolfgang Pauli*, Journal of Consciousness Studies, **3**, pp. 112-126, 1996.

[18] C.G. Jung, *"Ma vie" Souvenirs, rêves et pensées*, Glossaire, collection folio, Gallimard.

[19] W.H. Zurek, *Relative States and the Environment: Einselection, Envariance, Quantum Darwinism, and the Existential Interpretation*, arXiv:0707.2832v1, 19 July 2007.

[20] C.G. Jung, "La conscience morale dans la perspective psychologique", paru dans: *Aspects du drame contemporain*, 2ème édition, 1970.

[21] C.G. Jung, *Les racines de la conscience*, traduction d'Yves Le Lay, p. 167, Buchet-Chastel, Paris, 1971.

[22] C.G. Jung, référence [21], p. 576.

[23] B.E. Baaquie et F. Martin, *Quantum Psyche - Quantum Field Theory of the Human Psyche*, NeuroQuantology, **3**, No. 1, pp. 7-42, 2005.

[24] C.G. Jung, ≪À propos de l'enfant comme archétype≫, dans Jung-Kérényi, *Introduction à l'essence de la mythologie*, trad. de H. Del Medico, Payot, Paris, 1953.

[25] François Martin, Federico Carminati et Giuliana Galli Carminati, *Information quantique, oscillations et psychisme* (pas encore publié).

[26] J. Grinberg-Zylberbaum, M. Delaflor, L. Attie et A. Goswami, *The Einstein-Podolsky-Rosen Paradox in the Brain: The Transferred Potential*, Physics Essays, **7**, n. 4, p. 422, 1994.